Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 3, Fall 2020, p. 239-257

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۲۵۷-۲۳۹

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی پایداری سیستم‌های کشاورزی با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی توافقی: منطقه کوهدشت لرستان

سید محمد نظریان[1]- منصور زیبایی[2]- آذر شیخ زین الدین[3*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۰

چکیده

یکی از جنبه‌های مهم توسعه‌ی پایدار، کشاورزی پایدار بوده که نه‌تنها نیازهای آتی مربوط به افزایش تولید، بلکه کیفیت محیط‌زیست، آب و خاک را نیز حفظ می‌کند. از این‌رو، در این مطالعه پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی سیستم‌های کشاورزی در منطقه کوهدشت با استفاده از مدل برنامه‌ریزی توافقی مورد ارزیابی قرار گرفته است. اطلاعات مورد نیاز از ۲۵۲ کشاورز نمونه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که بر اساس دیدگاه زیست‌محیطی و در مقادیر حداقل و حداکثر وزن انحرافات (۱= π و ۱۰۰= π)، به ترتیب سیستم‌های گندم با عملکرد بالای ۴ تن و چغندر قند با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار، بالاترین سطح پایداری را در منطقه دارا می‌باشند. اما سیستم کشاورزی چغندرقندبا عملکرد زیر ۶۰ تن در هکتار، براساس تمامی مقادیر π، ناپایدارترین سیستم منطقه است. همچنین استفاده بیش از حد از آب زیرزمینی جهت آبیاری کشاورزی و مصرف بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی موجب ناپایداری بیشتر کشاورزی در برخی از مناطق شده است. همچنین نتایج نشان داد که در۱= π، دهستان کوهنانی و طرهان شرقی به ترتیب پایدارترین و ناپایدارین مناطق هستند. عدم پایداری سیستم‌های کشاورزی دهستان طرهان شرقی، ناشی از عملکرد اقتصادی ضعیف در برخی مناطق روستایی دهستان است. با این حال، در سطح بالای حساسیت نسبت به انحراف از سطح ایده‌آل، دهستان بلوران و طرهان غربی، ناپایدارترین دهستان‌ها و کوهدشت شمالی و جنوبی، گل‌گل، درب‌گنبد و زیر تنگ، پایدارترین دهستان‌های منطقه هستند. بنابراین از نتایج این مطالعه، استنباط می‌شود که در زمینه پایداری کشاورزی تفاوت‌های منطقه‌ای در کوهدشت وجود دارد، در نتیجه توصیه می‌شود که سیاست‌های کشاورزی منطقه‌ای موثر بر اساس تحقیقات محلی تدوین شوند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی پایداری، برنامه‌ریزی توافقی، سیستم‌های کشاورزی، منطقه‌ی کوهدشت

مقدمه

کشور ما همواره به بخش کشاورزی وابسته بوده و کشاورزی به‌عنوان یکی از بخش‌های اصلی تولید ملی است که با سهم ۱۰درصدی از تولید ملی و ۲۰درصدی از اشتغال کشور، جایگاه مهمی را در اقتصاد ملی به خود اختصاص داده است. در دهه‌های گذشته، تأکید بر تولید بیش‌تر به‌منظور خودکفایی در ایران، افزایش سطح زیرکشت و افزایش فشار بر منابع آب و خاک را به دنبال داشته است. بالابودن نرخ بهره و بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع طبیعی، شرایط یادشده را تشدید کرده است. به‌عبارتی، افزایش تولید به قیمت فراموشی محیط‌زیست انجام شده است. افزایش برداشت از آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین استفاده‌ی بی‌رویه از مواد شیمیایی، مانند کودها و سموم، مثال‌های روشنی از بی‌توجهی به محیط‌زیست است (۳۷).

بعضی از مناطق مستعد کشاورزی ایران، به‌دلیل تحولات انجام‌شده در ساختار کشاورزی آن‌ها، در معرض ناپایداری قرارگرفته‌اند. نیاز به غذا برای جمعیت رو به رشد که موجب استفاده‌ی بیش‌تر از منابع آب و خاک و محیط‌زیست شده از یک‌سو و افزایش تولید محصولات کشاورزی با نهاده‌های مدرن که موجب افزایش چشمگیر تولیدات کشاورزی شده از سویی دیگر، فشار بیش‌ازحدی را بر منابع طبیعی وارد کرده است (۶). درواقع کمبود آب و خشک‌سالی، مصرف زیاد کود و سم از بزرگ‌ترین چالش‌هایی است که توسعه‌ی کشاورزی کشور، در حال و آینده با آن مواجه خواهد بود. بنابراین توسعه‌ی کشاورزی، به شیوه‌ای که بتواند محیط‌زیست را حفظ کرده و هم‌زمان معیشت پایدار برای کشاورزان و غذای کافی برای جمعیت در حال رشد را فراهم آورد، چالش پیش روی بخش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد، استاد و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: azeinoddin@shirazu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jead2.vi0.81977

کشاورزی است (۲۷ و ۱۹).

مطالعات نشان می‌دهد که تأثیر متقابل اقتصاد و محیط‌زیست بر یکدیگر واقعیتی غیرقابل چشم‌پوشی است، به گونه‌ای که هر تصمیم اقتصادی، مستقیماً بر محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد و سیاست‌های محیط‌زیستی نیز، اقتصاد را متأثر می‌کند. درنتیجه اقتصاد و محیط‌زیست جدای از یکدیگر نبوده و هیچ تصمیم اقتصادی گرفته نمی‌شود که بر محیط‌زیست اثر نداشته باشد و هیچ تحول زیست‌محیطی نیست که تأثیر اقتصادی در آن دیده نشود (۲۴). درواقع مشکلات ناشی از بی‌توجهی به حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی منجربه نااطمینانی‌هایی در تأمین غذا و مواد اولیه برای نسل‌های آینده شده است که توجه جدی به استفاده‌ی پایدار از منابع طبیعی را می‌طلبد (۲۹) و چنانچه راه‌حل مناسبی برای مدیریت مصرف منابع و نهاده‌ها به کار گرفته نشود، پتانسیل‌های موجود، نیازهای کشور را تأمین نخواهد کرد. یکی از جنبه‌های مهم توسعه‌ی پایدار، کشاورزی پایدار بوده که نه‌تنها نیازهای آتی مربوط به افزایش تولید، بلکه کیفیت محیط‌زیست، آب و خاک را نیز حفظ می‌کند (۳۶). این موضوع، بیش‌از هرچیز به نوع بهره‌برداری از منابع و شیوه و الگوی کشت وابسته است (۴)، که می‌توان با شناسایی سیستم‌های کشت مناسب و تلاش در جهت ترویج آن‌ها، پایداری این بخش را ارتقا داد. کشاورزی پایدار دربرگیرنده‌ی حاصلخیزی و بهره‌وری خاک، کنترل آلودگی آفت‌کش‌ها و کودها، استراتژی مدیریتی، نیازهای انسانی، قابلیت زیست‌پذیری اقتصادی، پذیرش اجتماعی، مناسبت اکولوژیکی و ظرفیت زمانی است (۳۲). کشاورزی پایدار مستلزم تلفیق اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی است (۱۶). بدین‌ترتیب پایداری اجتماعی، به معنای برآورده‌شدن مداوم نیازهای اساسی انسان (غذا، مسکن و آب)، امنیت، کار و تفریح است. پایداری زیست‌محیطی به‌معنی استمرار تولید و عملکرد زیست‌بوم‌ها است و پایداری اقتصادی به‌معنی بهره‌برداری مداوم است به‌طوری‌که، تقاضای مردم و تجارت از محیط‌زیست برآورده شود، بی‌آنکه ظرفیت محیط‌زیست برای نسل‌های آینده کاهش یابد. درواقع کشاورزی پایدار اگرچه ممکن است در کوتاه‌مدت موجب کاهش تولید و سطح رفاه کشاورزان شود؛ اما می‌تواند با حفظ و ارتقای محیط‌زیست و تطابق بهتر بوم‌شناختی، درآمد خالص بیش‌تری را نیز به همراه داشته باشد. در کل کشاورزی پایدار به اهدافی فراتر از اقتصاد تولید و مصرف، توجه می‌کند (۲). بنابراین تولیدات کشاورزی از یک مبحث تک‌بعدی و تخصصی، به یک موضوع چندبعدی تبدیل شده است. با این وجود هر کشوری باید راه خود را برای دستیابی به کشاورزی پایدار، تحت شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی خود پیدا کند (۳۳). به همین منظور، سنجش پایداری نظام‌های تولید محصولات کشاورزی و بررسی و سنجش عوامل مؤثر بر تولید در این نظام‌ها، از مباحث جدید رسیدن به کشاورزی پایدار است (۷).

در سال‌های اخیر، توجه به مباحث زیست‌محیطی و معیارهای پایداری در برنامه‌های توسعه، افزایش یافته است. قرارگرفتن در موج و جریان جهانی توسعه‌ی پایدار، بروز مشکلات و مسائل زیست‌محیطی در کشور، مانند کمبود آب، خشک‌سالی، رشد جمعیت و افزایش تولیدات غذایی و درک بیش‌تر موضوع پایداری از سوی برنامه‌ریزان و سیاست‌مداران، نقش زیادی در این‌باره داشته است (۱۰ و ۱). بنابراین سنجش پایداری و به‌کارگیری تصمیم‌های لازم برای ارتقای آن، از اهمیت بالایی برخوردار است.

در ایران مطالعاتی به‌منظور سنجش، مقایسه و ارزیابی پایداری کشاورزی انجام شده که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به مطالعه‌ی محسن‌زاده (۳۱)، جبرئیلی (۲۰)، ناصری (۳۱)، حسین‌زاد و همکاران (۲۳)، بلالی و منتشلو (۷)، داورپناه (۱۳)، اکرمی مهاجری (۳) و فلاحی و قلی‌نژاد (۱۸) اشاره کرد. در این مطالعات برای بررسی پایداری کشاورزی از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با چشم‌پوشی از مقدار کمی سود (کم‌تر از ۸درصد)، می‌توان از نظر معیارهای زیست‌محیطی و اجتماعی وضعیت پایدارتری داشت (۱۸). استفاده‌ی بیش‌ازحد از کودهای شیمیایی، باعث ناپایداری زیست‌محیطی و درنتیجه ناپایداری کل می‌شود (۳). برخی از مطالعات نیز با استفاده از شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، به بررسی وضعیت پایداری کشاورزی در استان‌های کشور پرداختند؛ از جمله جمینی و همکاران (۲۱)، عنابستانی و همکاران (۵)، ترکمانی و عبدالهی عزت‌آبادی (۳۹)، عمانی و چیذری (۳۴)، امینی فسخودی و نوری (۴)، محسن‌زاده (۳۱)، ناصری (۳۱)، جبرئیلی (۲۰). پورزند و بخشوده (۳۵) در مطالعه خود با استفاده از مدل پایداری کشاورزی و روش برنامه‌ریزی توافقی پایداری کشاورزی شهرستان‌های منتخب استان فارس را ارزیابی کردند. برای این منظور اطلاعات مورد نیاز از سازمان جهادکشاورزی و آب منطقه‌ای استان فارس در سال ۱۳۸۵ جمع‌آوری شد. بر این اساس شهرستان‌های استان فارس به سه گروه پایدار (کازرون، لامرد، ممسنی و آباده)، نسبتا پایدار (لار، اقلید، فیروزآباد، فسا، داراب و ارسنجان) و ناپایدار (مرودشت، استهبان، شیراز و جهرم) تقسیم شدند. منافی ملایوسفی و همکاران (۳۰) با استفاده از روش برنامه ریزی توافقی به سنجش پایداری کشاورزی استان آذربایجان شرقی پرداختند. با اجرای برنامه‌ریزی توافقی مشخص شد که در بعد اقتصادی، عجب‌شیر در بعد اجتماعی، جلفا، در بعد زیست‌محیطی و نیز در کل، کلیبر پایدارترین شهرستانها بوده‌اند .نتایج مطالعه نشان می‌دهد که با توجه به بحران خشکسالی در منطقه، پایداری منابع آب از دغدغه‌های اصلی پایداری کشاورزی و منابع طبیعی استان محسوب می‌شود .همچنین توزیع عادلانه‌تر امکانات و زیرساخت‌های توسعه کشاورزی نظیر صنایع تبدیلی، مدارس روستایی، خانه‌های بهداشت و اماکن رفاهی می‌توانند به توسعه اقتصادی– اجتماعی شهرستان‌های محروم استان بیانجامد.

در این دو مطالعه با استفاده از بکارگیری شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به سنجش پایداری کشاورزی در شهرستان‌های مختلف پرداخته شده است.

در مطالعات خارجی برای ارزیابی پایداری نظام‌های تولید کشاورزی، روش‌های مختلفی تدوین و استفاده شده است. در میان روش‌های ارزیابی، روش شاخص‌های ترکیبی (۲۲)، روش AHP (۴۰) و روش تصمیم‌سازی چندمعیاره (۲۸، ۲۶ و ۱۱) به‌کار گرفته شده‌اند. نتایج حاصل از مطالعات، بیانگر سطح بسیار پایین پایداری زیست‌محیطی و بهره‌وری منابع، در مقابل پایداری بالای اجتماعی و اقتصادی مزارع کشاورزی است (۴۰). تفاوت در پایداری مزارع حتی با درنظرگرفتن شاخص‌های یکسان، قابل مشاهده است (۲۲). در بسیاری از مطالعات، برای بررسی پایداری کشاورزی از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. از جمله نایمانی و همکاران (۳۳)، به مطالعه و طرح‌ریزی سیستم کشاورزی پایدار در تایلند پرداخته و الگوی مناسبی از کشاورزی پایدار را ارائه کردند. همچنین کابرینی و کل‌کترا (۱۱) اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی تخصیص زمین به محصولات زراعی و دامپروری را با استفاده از برنامه‌ریزی توافقی ارزیابی کردند. دو شاخص اقتصادی (بازده برنامه‌ای و هزینه‌های مستقیم) و پنج شاخص زیست‌محیطی (کربن آلی خاک، تراز مواد مغذی، اثر اگرو–شیمیایی و فرسایش خاک) در این مطالعه، مورد توجه قرار گرفت. نتایج نشان داد که نه‌تنها مبادله‌ی میان اهداف اقتصادی و زیست محیطی را باید بررسی کرد، که به رقابت میان معیارهای زیست‌محیطی نیز باید توجه شود. بالسی و همکاران (۱۰) پایداری سیستم‌های مختلف تولید محصول در سطح مزرعه را با تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه، نشان داده که سیستم کشت درنظرگرفته‌شده برای منطقه‌ی مورد بررسی، دارای یک تعادل زیست‌محیطی مثبت است. آن‌ها همچنین نشان دادند که بین اهداف زیست‌محیطی و اقتصادی رابطه‌ی مبادله‌ای وجود دارد.

شهرستان کوهدشت در غرب استان لرستان، دارای وسعتی معادل ۳۹۸۲ کیلومتر، ۴ بخش و ۹ دهستان است (۴۱). آب و هوای کوهدشت معتدل و نیمه‌خشک بوده و بیش‌ترین دمای هوا در این منطقه ۴۲ درجه و کم‌ترین دما ۷– درجه است. میزان بارندگی این شهرستان به طور متوسط ۴۵۰میلی‌متر در سال است. جنس خاک منطقه، آهکی و رسی است و مهم‌ترین اقلام زراعی و باغی شهرستان کوهدشت شامل‌گندم، جو، ذرت، چغندرقند، تره‌بار، سیب، انار، انگور، هلو، انجیر و زردآلو است. دامداری نیز به شیوه‌های سنتی در این شهرستان رواج کامل دارد. شهرستان کوهدشت از وضع اقتصادی نسبتاً خوبی برخوردار است و محصولات کشاورزی و دامداری آن جزء صادرات شهرستان به‌شمار می‌آید. شهرستان کوهدشت دارای ۱۹۱۵۷۲ هکتار زمین در چرخه‌ی تولیدات کشاورزی است که از این میزان اراضی که معادل ۲۵ درصد کل اراضی استان لرستان است، ۱۹۲۹۷هکتار (حدود ۱۰ درصد) آبی و مابقی (۹۰ درصد) دیم است. کل تولیدات محصولات زراعی منطقه، حدود ۳۱۰ هزار تن تخمین زده می‌شود که معادل ۱۶/۷ درصد تولید محصولات زراعی استان است. همچنین این منطقه، دارای ۲۳۹۴ هکتار باغات مثمر با تولید سالانه‌ی حدود ۲۸ هزار تن (معادل ۵/۱۲ درصد تولیدات باغی) است. منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر پرورش دام سبک نیز دارای اهمیت است، به‌گونه‌ای که با دارابودن ۶۵۰ هزار واحد دامی از این نظر، دارای رتبه‌ی اول در استان است. در این منطقه تاکنون پایداری سیستم‌های کشاورزی، سنجش نشده است (۴۱).

از این‌رو، در مطالعه‌ی حاضر پایداری سیستم‌های کشاورزی مختلف (محصولات مختلف) در شهرستان کوهدشت که یکی از مهم‌ترین مناطق کشاورزی لرستان است (رشد و توسعه‌ی بخش کشاورزی در این شهرستان، نقش مهمی در رشد و توسعه‌ی کل منطقه خواهد داشت)، بررسی می‌گردد. این درحالی است که در مطالعات قبلی (۳۵ و ۳۰) عموماً نگرشی جامع که دربرگیرنده‌ی ابعاد مختلف پایداری برای سیستم‌های کشاورزی مختلف باشد، وجود نداشته است. به عبارت دیگر در مطالعات گذشته داخلی به بررسی پایداری کشاورزی در مناطق مختلف پرداخته شده است. از این‌رو، هدف اصلی این مطالعه، معرفی سیستم‌های کارا و پایدار در کشاورزی منطقه‌ی مورد مطالعه، با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با ملاحظه‌ی ویژگی‌های خاص سیستم‌های کشاورزی می‌باشد. برای این منظور معیارهای مناسب برای سنجش پایداری سیستم‌های کشاورزی منطقه‌ی کوهدشت تعیین شد. در این مطالعه، به شناسایی همه‌ی سیستم‌های کشاورزی موجود پرداخته شده و سپس با استفاده از یک مسئله‌ی بهینه‌سازی برنامه‌ریزی توافقی، پایداری هرکدام از سیستم‌ها براساس معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی اندازه‌گیری شد و در آخر نیز پایدارترین سیستم، از میان آن‌ها معرفی شده است.

روش تحقیق

این پژوهش، مشتمل بر چند مرحله است. در مرحله‌ی اول، معیارهای پایداری ازنظر اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی از مطالعات موجود، جمع‌آوری شده و سپس از معیارهایی که فراوانی بیش‌تری داشتند، به‌عنوان معیارهای پایداری استفاده شده است. در این مطالعه به پیروی از کابرینی و کل‌کترا (۱۱)، کمالی و هوویج (۲۶)، پورزند و بخشوده (۳۵) از معیارهای دقیق‌تری استفاده شده است. شاخص‌هایی مانند میزان مصرف آب، مصرف کود، مصرف سموم، مصرف انرژی، میزان تناوب زراعی، بازده ناخالص، فرسایش خاک، استفاده از آیش، اشتغال‌زایی، سطح سواد، استفاده از کود آلی،

درآمد خانوار، متوسط عملکرد، هزینه‌ها و مواد آلی خاک، ازجمله شاخص‌هایی است که در مطالعات گذشته استفاده شده است. در راستای اندازه‌گیری پایداری مشاهده می‌شود، بعد از شاخص‌های میزان مصرف کود و سموم، به ترتیب شاخص‌های میزان مصرف آب، میزان تناوب زراعی، اشتغال، متوسط عملکرد، بازده ناخالص، بیش‌ترین فراوانی را دارند. در مرحله‌ی دوم با جمع‌آوری دیدگاه کارشناسی، سیستم‌های کشاورزی منطقه شناسایی شد. در مرحله‌ی سوم ارزش معیارهای انتخاب‌شده، برای هریک از سیستم‌های کشاورزی، شناسایی و با مراجعه‌ی مستقیم و اندازه‌گیری میدانی تعیین شد. در مرحله‌ی چهارم با استفاده از روش برنامه‌ریزی توافقی، سیستم‌های کشاورزی منطقه، ازنظر پایداری سنجش و مقایسه قرارگرفته و راه‌کارهای مناسب برای افزایش پایداری هریک از سیستم‌ها ارائه شد.

مدل برنامه‌ریزی توافقی

برنامه‌ریزی توافقی[1] (CP) یک رویکرد شناخته‌شده از تصمیم‌گیری چندمعیاره است (۸، ۹). ایده‌ی اصلی در برنامه‌ریزی توافقی شناسایی راه‌حل ایده‌آل به‌عنوان یک نقطه‌ی مرجع است که در آن، معیارهای بررسی شده مقدار بهینه‌ی خود را به دست می‌آورند. از آنجا که بین معیارها، مبادله[2] وجود دارد، این گزینه‌ی ایده‌آل دست‌یافتنی نبوده و فقط به‌عنوان یک نقطه‌ی مرجع استفاده می‌شود و گزینه‌های دیگر براساس فاصله‌شان از این نقطه، رتبه‌بندی خواهند شد. مشخصه‌ی اصلی این مدل نسبت‌به دیگر روش‌های چندمعیاره (برنامه‌ریزی آرمانی[3]) این است که جواب ایده‌آل، یک هدف ایجادشده از سوی تصمیم‌گیران براساس مشاهدات و قضاوت‌های خود نیست، اما می‌تواند از بین گزینه‌های در دسترس، یک ارزش بهینه باشد (۹). در این روش، انتخاب سیستم‌های کشاورزی پایدار براساس تعیین حداقل فاصله نسبت‌به یک سیستم ایده‌آل انجام شد. جواب ایده‌آل نیز در فرم $a^* = (a_1^*, a_2^*, \dots, a_{12}^*)$ بوده که در آن مقادیر a_j^*/جواب ایده‌آل برای معیار j)، جواب معادله (۱) هستند:

$$a_j^* = \max_i(a_{ij}) \quad i = 1,2,3,\dots,8 \;\; \text{and} \;\; j = 1,2,3,\dots,11 \qquad (۱)$$

که در آن a_{ij} مقادیر اتخاذ شده‌ی سیستم iام (۸ سیستم) در رابطه با معیار jام (۱۱ معیار) است. در مرحله‌ی بعد، فاصله‌ی مقادیر محاسبه‌شده‌ی ماتریس عملکرد، نسبت‌به جواب ایده‌آل با استفاده از فرمول (۲) بررسی شد:

$$L_\pi(s_i) = \left(\sum_{j=1}^{J} \mu_j{}^{\pi} \left(\frac{a_j^* - a_{ij}}{a_j^* - a_j^{**}} \right)^{\pi} \right)^{\frac{1}{\pi}} \qquad (۲)$$

در معادله‌ی (۲)، $L_\pi(s_i)$ واحد فاصله است که تابعی از سیستم iام (s_i) و پارامتر π است و μ، مقدار استانداردشده w_j (میزان وزنی معیار j) که با استفاده از معادله‌ی (۳) به دست آمد:

$$\mu_j = \frac{w_j}{\sum w_j} \qquad (۳)$$

به گونه‌ای که $\sum_{j=1}^{11} \mu_j = 1$ است.

در معادله‌ی (۲) پارامتر π می‌تواند، مقادیری در محدوده‌ی $1 \le \pi \le \infty$ را داشته باشد که نشان‌دهنده‌ی حساسیت تصمیم‌گیرنده، به حداکثر انحراف قابل قبول در محاسبات است. هرچه π بزرگ‌تر باشد، این حساسیت بیش‌تر است. در این مطالعه، براساس مطالعات گذشته، مقادیر $\pi = 1, 2, 100$ در نظر گرفته شد.

به منظور نرمال سازی معیارها از رابطه (۴) و (۵) استفاده می شود. اگر معیار مورد بررسی از نوع بیش‌تر- بهتر از معادله (۴) و اگر معیار از نوع کم‌تر- بهتر (۵) باشد:

$$A_{ij} = \frac{a_{ij} - a_{min}}{a_{max} - a_{min}} \qquad (۴)$$

$$A_{ij} = \frac{a_{max} - a_{ij}}{a_{max} - a_{min}} \qquad (۵)$$

که در معادلات (۴) و (۵)، A_{ij} مقدار فاصله‌ی نرمال‌شده است و مقادیر a_{ij}، a_{min} و a_{max} به ترتیب مقدار عملکرد سیستم i در رابطه با معیار j، عملکرد حداقل و حداکثر معیار است. متغیرهای A_{ij} نرمال‌شده مقداری بین ۰ و ۱ را به خود می‌گیرند. درجه‌ی نرمال‌شده‌ی صفر بیانگر این است که معیار موردنظر به بدترین ارزش خود رسیده است و ارزش ۱ بیانگر آن است که معیار موردنظر، بهترین مقدار ممکن را به‌دست آورده است.

برنامه‌ریزی توافقی با جست‌وجوی جواب بهینه که به نقطه‌ی ایده‌آل نزدیک‌تر است، سروکار دارد. تابع هدف به‌عنوان یک معادله‌ی فاصله باتوجه به واحد انتخاب‌شده تعریف می‌شود (۹). برای محاسبه‌ی چنین فاصله هایی، تصمیم گیرنده باید استاندارد یا معیاری متری (که توسط پارامتر π تعریف می شود) و مقادیر وزنی مشخصی (w_j) که تعیین‌کننده‌ی اهمیت مختص هر معیار یا هدف است را فراهم نماید (۱۷ و ۱۵):

$$\min \left\{ L_\pi = \left(\sum_{j=1}^{J} (w_j A_{ij})^{\pi} \right)^{\frac{1}{\pi}} \right\} \qquad (۶)$$

در معادله‌ی (۶)، π واحدی است که مجموعه‌ی توابع فاصله را تعریف می‌کند. در واقع به ازای مقادیر مختلف π یک فاصله‌ی معین

1- Compromise Programing
2- Trade off
3- Goal Programing
4- Lexographic

به‌دست می‌آید. با افزایش π وزن بیش‌تر به تفاضل‌های بزرگ‌تر داده می‌شود. w_j نیز نشان‌دهنده‌ی اهمیت معیارهای پایداری، نسبت‌به یکدیگر است. برنامه‌ریزی خطی، امکان یافتن جواب برای مقادیر ۱ = π و ∞ = π را فراهم می‌کند. به ازای ۱= π مجموع درجات اختلاف نرمال‌شده، حداقل می‌شود و برای ∞ = π حداکثر درجه‌ی اختلاف نرمال‌شده، حداقل می‌شود. جواب مدل، به ازای ۱= π، کاراترین جواب است. بااین‌حال، می‌تواند میزان زیادی نامتعادل باشد، چون می‌تواند ترکیبی از انحرافات بسیار کوچک برای برخی از معیارها و انحرافات بزرگ برای پاره‌ای دیگر باشد. جواب برای ∞ = π متعادل‌ترین جواب است (۱۵).

در این مطالعه با استفاده از روش CP، بهترین سیستمی که باتوجه به معیارهای درنظرگرفته‌شده، دارای پایداری بالاتری باشد، تعیین خواهد شد. برای این منظور، سیستم ایده‌آل که در آن همه‌ی معیارها بهینه شده‌اند، از طریق مدل تعیین می‌شود. سپس انحراف هر یک از سیستم‌ها از سطح ایده‌آل خودشان تعیین می‌شود و سیستمی که کم‌ترین میزان انحراف را از سطح ایده آل خود داشته باشد، به‌عنوان سیستم پایدارتر معرفی خواهد شد. در واقع سیستمی که باتوجه به معیارهای درنظرگرفته‌شده، ارزش بالاتری برای شاخص کل داشته باشد، دارای پایداری بالاتری خواهد بود. برای این منظور از نرم‌افزار gams استفاده شد.

منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان کوهدشت دارای چهار بخش مرکزی، کوهنانی، درب گنبد و طرهان است. بخش مرکزی شامل سه دهستان به نام‌های کوهدشت جنوبی، کوهدشت شمالی و گل‌گل است. بخش کونانی، شامل دو دهستان زیرتنگ سیاب و دهستان کوهنانی است و بخش درب گنبد شامل دو دهستان بلوران و دهستان درب گنبد است. بخش طرهان نیز، شامل دو دهستان طرهان غربی و طرهان شرقی است (۴۱).

جدول ۱- اطلاعات روستاها و اندازه‌ی نمونه

Table 1- Village Information and Sample Size

دهستان‌ها Rural districts	تعداد کل آبادی‌ها Total number of villages	تعداد بهره‌برداران Number of farmers	تعداد آبادی‌های انتخاب‌شده Number of selected villages	آبادی نمونه Sample village: نام آبادی Village name	آبادی نمونه Sample village: تعداد بهره‌برداران Number of farmers	بهره‌برداران نمونه Sample farmers
کوهدشت شمالی North Kouhdasht	78	2402	2	تکیه اولاد قباد	81(9)*	29
				آبیاریکی	186(20)	
کوهدشت جنوبی South Kouhdasht	55	3410	2	آزادبخت کره‌پا	84(9)	68
				پشت باغ	106(11)	
				باباقلی	82(9)	
				خوشناموند	277(30)	
				سه آسیاب	88(9)	
گل‌گل Gulgal	48	2631	3	هاشمبگ	224(24)	83
				اشتره گل‌گل	212(23)	
				سپیده گل‌گل	161(17)	
				پریان اله‌مراد	93(10)	
				کمیر مالمیر	81(9)	
درب گنبد Darb Ghonbad	20	701	3	شیراوند علیا	76(6)	17
				دیلاوند	70(7)	
				چم سنگر	42(4)	
کوهنانی Cohenani	22	1389	4	پای آستان	41(4)	36
				خسروآباد	93(10)	
				کت‌کن	101(11)	
				کلسرخ عیدی	104(11)	
طرهان غربی West Tarhan	27	1831	1	چغاپیت سفلی	172(19)	19

*اعداد داخل پرانتز تعداد بهره‌برداران نمونه‌ی هر روستا را نشان می‌دهد.

*The numbers in brackets represent the number of sample farmers in each village.

در این تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسش‌نامه استفاده شده است. در این مطالعه برای یافتن نمونه‌ها، روستاهای نمونه مشخص شده و نیز برای به‌دست‌آوردن تعداد بهره‌برداران نمونه، از میان روستاها، باتوجه به آمار بهره‌بردارهای هر روستا، طبق سرشماری کشاورزی سال ۱۳۹۳، تعداد نمونه‌ها با استفاده از روش کوکران و روش سیستماتیک ۱:۹ محاسبه شده است. سپس با مراجعه‌ی مستقیم و حضوری نزد کشاورزان در ۲۰روستای نمونه، به‌صورت تصادفی، نهایتاً ۲۵۲ پرسش‌نامه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵جمع‌آوری شد. مراحل نمونه‌گیری در جدول ۱ قابل مشاهده است.

معرفی معیارهای پایداری

شاخص‌های پایداری به‌مقدار کمی متغیرهای فیزیکی، شیمیایی، زیستی، اجتماعی و اقتصادی گفته می‌شود که تفسیر وضعیت کنونی نظام را ساده و امکان‌پذیر می‌کند (۳۸). بنابراین باید معیارهایی تعریف شود که ابعاد مختلف را در نظر گیرد (۲۲). براساس مطالعات بررسی‌شده، برای بررسی پایداری از شش زیرمعیار زیست‌محیطی، سه زیرمعیار اقتصادی و دو زیرمعیار اجتماعی استفاده شد.

معرفی زیرمعیارهای زیست‌محیطی

این بعد از پایداری در واقع به مدیریت و محافظت از نظام‌های اکولوژیکی اشاره دارد به گونه‌ای که این نظام‌ها بتوانند کارکرد محیطی و توانایی فراهم نمودن کالا و خدمات را در طول زمان و به حد کافی، حفظ کنند (۲۵). معیار پایداری زیست‌محیطی با شش شاخص میزان آب مورد استفاده در تولید محصولات، شاخص آلودگی EIQ، میزان استفاده از کودهای شیمیایی در فعالیت‌ها، میزان استفاده از سموم شیمیایی، درصد کربن آلی خاک و درصد رعایت تناورب زراعی، عملیاتی شده است.

مصرف آب[1]: این شاخص به‌عنوان حجم مطلق آب مصرف‌شده، به ازای یک هکتار سطح زیر کشت (m^3/ha) معرفی می‌شود. اگر مقدار این شاخص بیش‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی پایداری اکولوژیکی کم‌تر در مزرعه است (۳۸).

فاکتور تأثیر محیطی[2] (*EIQ*): شاخص تأثیر محیطی، برای اندازه‌گیری تأثیر آفت‌کش‌ها بر محیط‌زیست، استفاده شده است. این شاخص با کمی‌نمودن ریسک آلودگی آفت‌کش، موجب سنجش دقیق‌تر پایداری مزارع است (۱۱) و براساس سه جزء اصلی سیستم‌های تولیدی کشاورزی (کارگر مزرعه، مصرف‌کننده‌ی محصولات کشاورزی و اجزای زیست‌محیطی) محاسبه می‌شود.

مقادیر EIQ[3] برای هر یک از آفت‌کش‌های استفاده شده توسط کشاورزان، در این مطالعه از سایت (http://www.nysipm.cornell.edu/EIQCalc/input.php) بدست آمد، سپس با ضرب مقدار آن در نرخ کاربرد آفت‌کش، می‌توان مطابق رابطه (۹) فاکتور تاثیر محیطی آفت‌کش را محاسبه نمود. مقادیر بالاتر این شاخص، نشان‌دهنده‌ی پایداری زیست‌محیطی پایین‌تر است.

$$Field\ EIQ = pesticide\ EIQ * pesticide\ use\ rate \quad (۹)$$

مصرف کود و سموم[4]: شاخص کود، میزان کود مصرف‌شده در یک هکتار سطح زیر کشت و شاخص سم، مقدار مصرف سموم مختلف به ازای یک هکتار سطح زیر کشت را نشان می‌دهد. ارقام کوچک‌تر این معیارها، نشان‌دهنده‌ی پایداری بیش‌تر است.

کربن آلی خاک[5]: سطح مناسب این ماده، موجب افزایش بهره‌وری خاک شده و به جذب آب و هوا و گردش مواد مغذی کمک می‌کند. در ابتدا با استفاده از روش نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی، ۲۰ روستا در حوزه مورد مطالعه انتخاب و سپس با تهیه نمونه‌های خاک سطحی و انجام آزمایشات خاک، درصد کربن آلی خاک در روستاهای نمونه‌برداری شده محاسبه شد.

رعایت تناوب زراعی[6]: به‌طور کلی اولین قدم برای دستیابی به پایدار کشاورزی، حرکت از تک‌کشتی به سمت تناوب زراعی و چندکشتی است (۳۳). در این خصوص، بهترین نوع کشت، حالتی است که در تناوب با غلات انجام شود. در این مطالعه شاخص رعایت تناوب زراعی به صورت نسبتی از افراد که تناوب را رعایت نموده، به تعداد کشاورزان در هر سیستم محاسبه شده است.

معرفی زیرمعیارهای اقتصادی

پایداری اقتصادی به شرایطی اطلاق می‌شود که در نتیجه آن رفاه اقتصادی در گذر زمان کاهش نیابد (۲۵). برای عملیاتی کردن این بعد از پایداری شاخص‌های میزان بازده ناخالص (تفاوت بین درآمد محصول و هزینه‌های مستقیم محصول (هزینه‌ی سه نوع نهاده‌ی کود، سم، بذر و شخم) به‌صورت هزارریال در واحد سطح زیر کشت)، هزینه‌های مستقیم (مجموع هزینه‌های مزرعه، ازجمله هزینه‌های آماده‌سازی، شخم‌زدن، بذرپاشی، کودپاشی، سم‌پاشی و برداشت محصول) و سطح زیر کشت (میانگین زمین تحت مالکیت هر کشاورز) در نظر گرفته شده است.

1- Water Consumption
2- Environmental Impact Quotient

3- Pesticide EIQ
4- Fertilizer and Pesticides
5- Soil Organic Carbon
6- Crop Rotation

معرفی زیرمعیارهای اجتماعی

پایداری اجتماعی به توانایی جامعه برای حفظ و نگهداری ابزارهای ضروری ایجاد ثروت به منظور باز تولید خود از یک طرف و از طرفی دیگر تأمین نیازهای اساسی انسان و کاهش فقر و ایجاد صلح و امنیت است (۲۵).

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی کشاورزان مورد مطالعه

Table 2- Mean and standard deviation of economic and social characteristics of the studied farmers

مشخصات Charstristics	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	بیش‌ترین Maximum	کم‌ترین Minimum	ضریب تغییرات Variation coefficient
سن (سال) Age (years)	48.39	14.27	88	22	0.29
تحصیلات (سال) Education (years)	6.8	5.1	15	0	0.75
سابقه (سال) Work experience (years)	25.52	13.5	60	3	0.53
مساحت مزرعه (هکتار) Farm Area (ha)	8.4	4.6	52	0.5	0.55
تعداد اعضای خانوار (نفر) Number of household members (n)	5.8	6.12	13	2	1.055
تعداد قطعات مزرعه Number of farm pieces	3.82	3.46	30	2	0.91

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۳- مشاهدات و میانگین سطح زیرکشت سیستم‌های کشاورزی منطقه‌ی کوهدشت

Table 3- Observations and average crop area of agricultural systems in Kouhdasht

سیستم‌ها Systems	Abb.	تعداد مشاهدات Number of observations	سطح زیر کشت Area under cultivation
1- زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای 4 تن در هکتار) Irrigated cultivation (wheat with a yield more than 4 tons per hectare)	گندم 1 Wheat 1	20	8.25
2- زراعت آبی (گندم با عملکرد زیر 4 تن در هکتار) Irrigated cultivation (wheat with a yield of less than 4 tons per hectare)	گندم 2 Wheat 2	18	4.55
3- زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای60 تن در هکتار) Irrigated cultivation (Beet sugar with a yield more than 60 tons per hectare)	چغندرقند 1 Sugar beet 1	12	6.1
4- زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر 60 تن در هکتار) Irrigated cultivation (beet with a yield of less than 60 tons per hectare)	چغندرقند 2 Sugat beet 2	10	4.8
5- تلفیق زراعت آبی و دیم Combine irrigated and rain fed farming	تلفیق زراعت آبی و دیم Combine irrigated and rain fed farming	25	9.2
6- تنوع فعالیتی (تنوعی از فعالیت‌های دامی و زراعی) Activity diversification (crop -livestock) system	تنوع فعالیتی Activity diversion	19	7.96
7- تلفیق زراعت دیم با دیگر فعالیت‌های غیرزراعی (دامپروری و خدمات) Combine rainfed cultivated systems with other non-agricultural activities (livestock and services)	دیم با سایر فعالیت‌های غیرزراعی Combine rainfed cultivated systems with non-agricultural activities	112	6.6
8- زراعت دیم Rain fed cultivated systems	زراعت دیم Rain fed cultivated systems	57	5.9

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ٤- محاسبه شاخص‌های پایداری برای هر یک از سیستم‌های کشاورزی

Table 4- Calculation of sustainability indices for each agricultural system

سیستم کشاورزی Agriculture system	معیار اقتصادی Economic criteria			معیار زیست‌محیطی Environmental criteria						معیار اجتماعی Social criteria	
	زیرمعیارهای اقتصادی Economic sub-criteria			زیرمعیارهای زیست‌محیطی Environmental sub-criteria						زیرمعیارهای اجتماعی Social Sub-criteria	
	سطح زیر کشت Area cultivation	هزینه‌ی مستقیم Direct cost	سود ناخالص Gross margin	رعایت تناوب Crop Rotation	مصرف سموم Pesticide application	مصرف کود Fertilizer application	کربن آلی خاک Soil Organic Carbon	تأثیر محیطی Environmental Impact Quotient	مصرف آب water use	نسبت سواد Education ratio	سطح اشتغال Employment
	(ha)	(1000 rial/ha)	(1000 rial/ha)	(%)	(Litr/ha)	(Kg/ha)	(%)	–	(m^3/ha)	(%)	(number/ha)
گندم 1 Wheat 1	8.25	16519	69128	80	2.51	313	98	13.48	6379	4	4
گندم 2 Wheat 2	4.55	14536	24828	77	2.33	225	78	14.1	5214	5	5
چغندرقند 1 Sugar beet 1	6.1	67188	150478	90	4.91	594	79	35.8	12407	5	81
چغندرقند 2 Sugar beet 2	4.8	56469	100680	9	4.90	503	59	37.2	11493	2.3	73
تلفیق زراعت آبی و دیم Combine irrigated and rain fed farming	9.2	59538	118961	90	5.70	580	73	4.4	8548	5.3	19
تنوع فعالیتی Activity diversion	7.96	54268	143983	78	4.22	529	1.8	4.6	7170	5.13	13
دیم با سایر فعالیت‌های غیرزراعی Combine rainfed cultivated systems with other non-agricultural activities	6.6	19663	33058	33	2.2	174	8	13.8	640	44076	3
زراعت دیم Rain fed farming	5.9	11448	16822	56	3.13	146	59	22.3	640	2.14	5

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

در اینجا دو شاخص میزان اشتغال کشاورزی (مجموع تعداد نیروی کاری که در مراحل کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی به ازای یک هکتار سطح زیر کشت) و نسبت افراد با سواد به بی‌سواد (میانگین تعداد سال‌های تحصیل برای بهره‌برداران) به عنوان زیر معیارهای اجتماعی در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

مشخصات کشاورزان مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

سپس با استفاده از داده‌های پرسش‌نامه، سیستم‌های موجود در منطقه شناسایی شد، که اطلاعات به‌دست‌آمده در جدول ۳ ارائه شده است. در بین سیستم‌های کشاورزی شناسایی شده، بیش‌ترین و کم‌ترین فراوانی از نظر تعداد کشاورزان به ترتیب مربوط به سیستم‌های تلفیق زراعت دیم با دیگر فعالیت‌های غیرزراعی و سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر ۶۰ تن در هکتار) است.

بعد از تعیین شاخص‌ها، مقدار هر شاخص برای سیستم‌های کشاورزی (۸ سیستم کشاورزی) منطقه محاسبه شد که نتایج حاصل، در جدول ۴ ارائه شده است.

باتوجه به ستون اول جدول، بیش‌ترین مقدار شاخص بازده ناخالص (حدود ۱۵۰۰۰۰ هزار ریال) مربوط به سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای۶۰ تن در هکتار) است. درواقع این سیستم، به‌دلیل عملکرد بالا، بازده ناخالص بیش‌تری، نسبت‌به دیگر محصولات، به کشاورزان داده است. کم‌ترین مقدار این شاخص، برابر ۱۶۸۰۰ هزار ریال، به سیستم زراعت دیم اختصاص دارد که باتوجه به تأثیرگذاری بالای میزان بارش بر عملکرد این سیستم و به‌دلیل کاهش میزان بارش و تغییر الگوی بارندگی در منطقه، رسیدن به چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبوده است. دومین ستون مقادیر محاسبه‌شده‌ی متوسط هزینه را نشان می‌دهد. سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای۶۰ تن در هکتار) با بیش‌از ۶۷۰۰۰ هزار ریال، بالاترین مقدار هزینه‌ی مستقیم را به خود اختصاص داده است. بالارفتن هزینه به‌طور عمده، به‌دلیل استفاده‌ی بیش‌تر از ماشین‌آلات برای آماده‌سازی زمین، مصرف بالای کود و سموم شیمیایی و نیز سهم بالای هزینه‌ی نیروی کار برای وجین در مراحل کشت بویژه مرحله‌ی داشت برای چغندر است. برای سیستم زراعت دیم، مقدار این شاخص حدود ۱۱۵۰۰ هزار ریال است که بیانگر این می‌باشد که این سیستم، پایین‌ترین میزان هزینه‌ی مستقیم را در بین سیستم‌های کشاورزی منطقه دارد. این مقدار به دلیل مصرف پایین نهاده‌ها در این سیستم است. آخرین معیار اقتصادی برای سنجش پایداری، متوسط سطح زیر کشت است. بالاترین مقدار سطح زیر کشت ۹/۲ هکتار، مربوط به سیستم تلفیق زراعت آبی و دیم است. درواقع کشاورزان به‌دلیل کاهش منابع آب در سال‌های اخیر و هزینه‌ی بالای کشت آبی، سطحی از مزرعه‌ی خود را به محصولات دیم اختصاص داده‌اند. سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد زیر۴ تن در هکتار) با ۴/۵۵ هکتار، کم‌ترین مقدار متوسط سطح زیر کشت را در بر دارد.

در بعد پایداری زیست‌محیطی، شاخص متوسط آب مصرفی، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مورد بررسی است. مقدار این شاخص در سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) ۱۲۴۰۷ مترمکعب در هکتار، بیش‌ترین مقدار است. این شاخص برای سیستم‌های زراعت دیم و تلفیق زراعت دیم با دیگر فعالیت‌های غیرزراعی، کم‌ترین مقدار (۶۴۰ مترمکعب در هکتار) را داراست. در این محاسبه، از میزان بارش منطقه به‌عنوان شاخص آب مصرفی، استفاده شده است. دومین شاخص زیست‌محیطی، فاکتور تأثیر محیطی (EIQ) است. بیش‌ترین مقدار این شاخص، ۴۰/۶ بوده که متعلق به سیستم تنوع فعالیتی است. کم‌ترین مقدار نیز ۱۳/۵، متعلق به سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای۴ تن در هکتار) است. در واقع این مقدار از شاخص در این سیستم، بیانگر این است که سمومی که برای دفع آفات مورد استفاده‌ی کشاورزان قرارگرفته است، نسبت‌به سمومی که در سایر سیستم‌های گفته شده به کار گرفته می‌شود، اثرات زیست‌محیطی کم‌تری داشته یا کشاورزان در این سیستم مقادیر کمتری از سموم شیمیایی را در مزرعه خود، بکار گرفته‌اند. دو شاخص زیست‌محیطی دیگر، به ترتیب متوسط مصرف کود و سموم شیمیایی است. سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای۶۰ تن در هکتار) دارای بیش‌ترین مصرف کود شیمیایی، با ۵۹۴ کیلوگرم در هکتار و سیستم تلفیق زراعت آبی و دیم، با ۵/۷ لیتر در هکتار، بیش‌ترین مقادیر مصرف سم در هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. کم‌ترین میزان مصرف کود مربوط به سیستم زراعت دیم با ۱۷۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار مصرف سم نیز، مربوط به سیستم تلفیق زراعت دیم با دیگر فعالیت‌های غیر زراعی به مقدار ۲/۰۲ لیتر در هکتار است. شاخص زیست‌محیطی بعدی، مقدار کربن آلی خاک است. مقدار این شاخص برای سیستم تنوع فعالیتی، برابر با ۱/۰۸ درصد، به‌عنوان بیش‌ترین مقدار و برای سیستم‌های زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر۶۰ تن در هکتار) و سیستم زراعت دیم، ۰/۵۸ درصد به‌دست آمده است. مقادیر بالاتر این شاخص، بیانگر وجود خاک حاصلخیزتر در منطقه است. آخرین شاخص زیست‌محیطی برای اندازه‌گیری پایداری، رعایت تناوب زراعی نام دارد. سیستم‌های زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای۶۰ تن در هکتار)، زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر۶۰ تن در هکتار) و تلفیق زراعت آبی و دیم هر کدام به میزان ۹۰ درصد، بیش‌ترین درصد رعایت تناوب زراعی و سیستم تلفیق زراعت دیم با سایر فعالیت‌های غیر زراعی با ۳۳ درصد، کم‌ترین درصد رعایت تناوب زراعی را داراست. دو ستون آخر جدول

شاخص‌های اجتماعی ارزیابی پایداری کشاورزی است. سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای۶۰ تن در هکتار) با ۸۱ نفر در هکتار، بیش‌ترین و سیستم تلفیق زراعت دیم با دیگر فعالیت‌ها با ۳ نفر در هکتار، کم‌ترین مقدار اشتغال نیروی کار کشاورزی را داشته‌اند. همچنین کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار بدست‌آمده برای شاخص نسبت سواد، به ترتیب مربوط به سیستم‌های زراعت دیم و تلفیق زراعت آبی و دیم می‌باشد.

جدول ۵- مجموعه وزن‌های مربوط به معیارهای پایداری

Table 5- Sets of weights for sustainability criteria

معیارها Criteria	گروه‌های وزنی Weighted Group		
	w_1	w_2	w_3
Environmental زیست‌محیطی	0.45	0.4	0.33
Economic اقتصادی	0.4	0.45	0.33
Social اجتماعی	0.15	0.15	0.33

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

برای محاسبه‌ی وزن معیارها و زیرمعیارها، با نظرخواهی از کارشناسان منطقه و استفاده از مطالعات پیشین، درنهایت سه گروه وزنی در نظر گرفته شد. باتوجه به جدول ، در گروه وزنی اول، معیار زیست‌محیطی با وزن ۰/۴۵، به‌عنوان مهم‌ترین و مؤثرترین معیار در پایداری کشاورزی و معیار اجتماعی با وزن ۰/۱۵، کم‌ترین درصد وزن نسبی را به خود اختصاص داده است. در گروه وزنی دوم، بیش‌ترین وزن، به معیار اقتصادی و در گروه سوم نیز، وزن برابر برای همه‌ی معیارها در نظر گرفته شد. درواقع در این مطالعه، با در نظر گرفتن وزن‌های مختلف، سلایق مختلف مدیریتی در اندازه‌گیری پایداری سیستم‌های کشاورزی، در نظر گرفته شده است.

گروه‌های وزنی مربوط به زیرمعیارها نیز، در جدول آمده است. در گروه وزنی اول، بین زیرمعیارهای زیست‌محیطی، شاخص میزان مصرف آب و درصد رعایت تناوب زراعی با وزن ۰/۰۹، دارای بیش‌ترین اهمیت و شاخص‌های مصرف سموم شیمیایی و فاکتور تأثیر محیطی در مقایسه با دیگر شاخص‌های زیست‌محیطی با وزن ۰/۰۶، کم‌ترین وزن را در اندازه‌گیری پایداری کشاورزی دارد. بنابراین در این گروه وزنی، معیارهای مصرف سموم و فاکتور تأثیر محیطی، دارای اهمیت یکسانی در ارزیابی پایداری کشاورزی هستند. به‌کاربردن روش‌های مناسب زراعی، مانند تناوب کشت، ضمن کاهش آلودگی حاصل از مصرف بی‌رویه‌ی سموم، می‌تواند عاملی اساسی در رسیدن به سطوح بالاتری از پایداری در منطقه باشد. بالا بودن فاکتور تأثیر محیطی، بیانگر این مطلب است که اثرات مخرب مصرف سموم بر سلامت انسان و محیط‌زیست بسیار جدی است و کاهش این اثرات، از الزامات کشاورزی پایدار به شمار می‌رود.

جدول ۶- مجموعه وزن‌های مربوط به زیرمعیارهای پایداری

Table 6- Sets of weights for sustainability sub-criteria

زیرمعیارها Sub criteria	اختصار شاخص Indicator abbreviation	گروه‌های وزنی Weighted groups		
		w_1	w_2	w_3
Environmental زیست‌محیطی				
Water use مصرف آب	W	0.09	0.09	0.083
فاکتور تأثیر محیطی Environmental impact quotient	EIQ	0.06	0.06	0.05
Pesticied use مصرف سموم	P	0.06	0.06	0.04
Fertilizer use مصرف کود شیمیایی	F	0.08	0.05	0.04
Crop rotation درصد تناوب زراعی	CR	0.09	0.06	0.06
Soil organic carbon درصد کربن آلی خاک	OC	0.07	0.08	0.06
Economic اقتصادی				
Gross margin سود ناخالص	GM	0.2	0.22	0.15
Direct cost هزینه‌ی مستقیم	DC	0.11	0.12	0.1
Area cultivation سطح زیر کشت	A	0.09	0.11	0.087
Social اجتماعی				
Employment میزان اشتغال کشاورزی	N	0.09	0.09	0.17
Education ratio نسبت افراد باسواد به بی‌سواد	E	0.06	0.06	0.16

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

بـه‌دنبـال وزن‌دهـی معیارهـای پایـداری، ارزش‌هـای پایـداری محاسبه‌شده مربوط به سیستم‌های کشاورزی منطقه‌ی کوهدشـت، بـا استفاده از مدل برنامه‌ریـزی تـوافقی در جـدول (۷) نشـان داده شـده است. بر اساس گروه‌های وزنی اول و مقادیر ۱= π ، ۲= π و ۱۰۰= π (در اکثـر مطالعـات تنهـا ۱= π در نظـر گرفتـه شـده اسـت منـافی ملایوسفی و همکاران (۳۰) و پورزند و بخشوده (۳۵) اشده است اما در این مطالعه درجات حساسیت بیشـتر نیـز لحـاظ شـده اسـت)، ارزش پایداری سیستم‌های مختلف، عددی بین صفر تا یک می‌باشد.

جدول ۷- مقادیر ارزش و رتبه‌ی پایداری کل سیستم‌های کشاورزی براساس w_1

Table 7- Values and rank of stustainability of the agricultural system based on w1

نام سیستم کشاورزی Agriculture system	π =1		π =2		π =100	
	ارزش Value	رتبه Ranking	ارزش Value	رتبه Ranking	ارزش Value	رتبه Ranking
گندم 1 Wheat 1	0.623	1	0.679	1	0.972	5
گندم 2 Wheat 2	0.502	4	0.637	4	0.952	7
چغندرقند 1 Sugar beet 1	0.514	3	0.672	2	0.988	1
چغندرقند 2 Sugar beet 2	0.366	8	0.497	8	0.943	8
تلفیق زراعت آبی و دیم Combine irrigated and rain fed farming	0.479	6	0.615	6	0.986	3
تنوع فعالیتی Activity diversion	0.567	2	0.669	3	0.966	6
دیم با سایر فعالیت‌های غیرزراعی Rainfed cultivated systems with r non-agricultural activities	0.486	5	0.629	5	0.982	4
زراعت دیم Rain fed farming	0.426	7	0.598	7	0.987	2

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

باتوجه به جدول ۷ با فرض ۱= π، سیستم زراعت آبی (گنـدم بـا عملکرد بالای ۴ تن در هکتار)، بـالاترین ارزش پایـداری را بـه خـود اختصاص داد. رتبه‌ی دوم مربوط به سیستم تنوع فعالیتی است کـه در مقایسه با دیگر سیستم‌های زراعت آبی، به‌دلیـل مصـرف کـم‌تـر آب، سموم و کود و هزینه، در رتبه‌ی بالاتری قرار گرفته اسـت. کـم‌تـرین ارزش نیز، مربوط به سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر۶۰ تـن در هکتار) است که نسبت‌به سیستم زراعت دیم در رتبه‌ی پـایین‌تـری قرار دارد. در ۲= π، سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای ۴ تـن در هکتار) بـالاترین رتبـه را داراسـت و سیسـتم (چغنـدر بـا عملکـرد بالای۶۰ تن در هکتار) با یک رتبـه کـم‌تـر، جایگـاه دوم را بـه خـود اختصاص داده است. در اینجـا نیـز سیسـتم زراعـت آبـی (چغنـدر بـا عملکرد زیر۶۰ تن در هکتار) علی‌رغم داشتن عملکردهای بالا، در بین شاخص‌های اقتصادی، ازنظر شاخص‌هـای زیسـت‌محیطـی، وضـعیت نامناسبی داشته که سبب کاهش ارزش این سیستم به پایین‌ترین رتبه شده است. در ۱۰۰= π نیز، سیستم زراعت آبـی (چغنـدر بـا عملکـرد بالای ۶۰ تن در هکتار) دارای رتبه‌ی اول و سیسـتم زراعـت دیـم در جایگاه دوم قرار دارد که ازنظر پایداری کل، جایگـاه مناسـب‌تـری بـه دست آورده است. سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر ۶۰ تن در هکتار) نیز، کم‌ترین ارزش و در رتبه‌ی آخر قرار گرفته است. ملاحظه می‌شود که مطابق فرضیه اول فصل یک، سیستم‌هـای کشـاورزی در منطقه از نظر شاخص‌های کل متفاوت هستند. بنابراین این فرضیه که سطح پایداری سیستم‌های کشاورزی در منطقه با هم متفـاوت اسـت، تأیید می‌شود.

باتوجه به جدول ۸ در گروه وزنی دوم و براسـاس ۱= π، سیسـتم زراعت آبی (گندم بیش‌از ۴ تـن در هکتـار)، دارای بـیش‌تـرین ارزش محاسبه شده (۰/۶۲۱) بوده و سیستم زراعت آبی (چغنـدر بـا عملکـرد زیر۶۰ تـن در هکتـار) بـا ارزش ۰/۳۴۸، دارای کـم‌تـرین مقـدار و در رتبه‌ی آخر قرار گرفته است. هنگامی که ۲= π باشد، سیسـتم تنـوع فعالیتی، دارای بـیش‌تـرین ارزش محاسـبه شـده (۰/۶۸۵) بـوده و در ۱۰۰= π سیستم زراعت آبـی (چغنـدر بـا عملکـرد بـالای ۶۰ تـن در هکتار) بالاترین پایداری و سیسـتم زراعـت آبـی (چغنـدر بـا عملکـرد زیر۶۰ تن در هکتار) پایین‌ترین رتبه را دارد.

جدول ۸- مقادیر ارزش و رتبه‌ی پایداری کل سیستم‌های کشاورزی براساس w_2

Table 8- Values and rank of stustainability of the agricultural system based on w2

نام سیستم کشاورزی Agriculture system	π =1		π =2		π =100	
	ارزش Value	رتبه Ranking	ارزش Value	رتبه Ranking	ارزش Value	رتبه Ranking
گندم 1 Wheat 1	0.621	1	0.679	2	0.972	5
گندم 2 Wheat 2	0.470	6	0.616	6	0.952	7
چغندرقند 1 Sugar beet 1	0.516	3	0.668	3	0.988	1
چغندرقند 2 Sugar beet 2	0.346	8	0.476	8	0.939	8
تلفیق زراعت آبی و دیم Combine irrigated and rain fed farming	0.488	4	0.617	5	0.985	3
تنوع فعالیتی Activity diversion	0.586	2	0.685	1	0.966	6
دیم با سایر فعالیت‌های غیرزراعی Rainfed cultivated systems with r non-agricultural activities	0.482	5	0.619	4	0.982	4
زراعت دیم Rain fed farming	0.400	7	0.579	7	0.987	2

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۹- مقادیر ارزش و رتبه‌ی پایداری کل سیستم‌های کشاورزی بر اساس w_3

Table 9- Values and rank of stustainability of the agricultural system based on w3

نام سیستم کشاورزی Agriculture system	π =1		π =2		π =100	
	ارزش Value	رتبه Ranking	ارزش Value	رتبه Ranking	ارزش Value	رتبه Ranking
گندم 1 Wheat 1	0.565	3	0.642	4	0.970	6
گندم 2 Wheat 2	0.492	5	0.638	5	0.950	7
چغندرقند 1 Sugar beet 1	0.596	1	0.731	1	0.989	1
چغندرقند 2 Sugar beet 2	0.366	7	0.511	8	0.939	8
تلفیق زراعت آبی و دیم Combine irrigated and rain fed farming	0.516	4	0.646	3	0.988	2
تنوع فعالیتی Activity diversion	0.575	2	0.684	2	0.976	5
دیم با سایر فعالیت‌های غیرزراعی Rainfed cultivated systems with r non-agricultural activities	0.415	6	0.564	6	0.980	4
زراعت دیم Rain fed farming	0.338	8	0.531	7	0.985	3

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

با توجه به جدول ۹ در گروه وزنی سوم و در همه‌ی مقادیر حساسیت نسبت به انحراف، سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) دارای رتبه اول است. سیستم زراعت دیم به ازای $\pi=۱$، رتبه‌ی آخر و در $\pi=۲$ و $\pi=۱۰۰$ به ترتیب رتبه‌ی هفتم و سوم را کسب نموده است. در واقع زمانی‌که π به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، سیستم تنوع فعالیتی در سطح پایین‌تری از پایداری قرار

می‌گیرد، به عبارت دیگر، زمانی که حساسیت تصمیم‌گیرنده نسبت‌به انحرافات بیش‌تر می‌شود، کشاورزانی که دارای سیستم تنوع فعالیتی هستند، سطح کم‌تری از پایداری را تجربه کرده و در جایگاه پنجم قرار می‌گیرد. تلفیق زراعت دیم و آبی نیز در ۱۰۰= π جایگاه دوم را به خود اختصاص داده است.

در مرحله بعد، به بررسی پایداری دهستان‌های منطقه‌ی کوهدشت پرداخته شده است. تعداد دهستان‌های منطقه کوهدشت، ۹ عدد می‌باشد. برای این منظور ابتدا مقادیر شاخص کل پایداری برای روستاها بدست آمد و سپس میانگین شاخص کل پایداری برای دهستان‌ها بدست آمده که مقادیر آن در جدول ۱۰ نشان داده شده است. در دهستان زیرتنگ، تنوع فعالیتی سیستم غالب می‌باشد. در دهستان کوهنانی سیستم گندم آبی ۱ و چغندرقند ۱ غالب بوده که موجب پایداری بیشتر نیز شده است.

جدول ۱۰- مقادیر شاخص پایداری کل مربوط به دهستان‌ها

Table 10- Total sustainability index for village

نام دهستان Rural district name	شاخص پایداری کل Total sustainability index π =1	π =2	π =100
کوهدشت شمالی North Kouhdasht	0.442	0.653	0.905
کوهدشت جنوبی South Kouhdasht	0.423	0.663	0.808
گل‌گل Gulgal	0.439	0.728	0.829
درب گنبد Darb Ghonbad	0.442	0.740	0.722
کوهنانی Cohenani	0.517	0.857	0.982
طرهان غربی West Tarhan	0.210	0.676	0.621
کوهدشت شمالی North Kouhdasht	0.284	0.456	0.517
بلوران Bloran	0.284	0.430	0.508
زیر تنگ ZirTang	0.364	0.718	0.972

منبع: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

براساس ۱= π، دهستان کوهنانی، دارای بیشترین پایداری کشاورزی می‌باشد. در این میان، دهستان طرهان شرقی با پایداری ضعیف، نسبت به دهستان‌های منطقه دارای پایداری کمتری می‌باشد. بنابراین براساس اولویت بایستی به این دهستان رسیدگی شود. به ازای ۲= π، دهستان‌های درب گنبد، گل‌گل، کوهنانی و زیرتنگ دارای پایداری بالا هستند. اما مقدار شاخص در دهستان‌های طرهان غربی و بلوران بسیار کم بوده و ناپایدارترین دهستان‌ها می‌باشند. همچنین مشاهده می‌شود که به ازای ۱۰۰= π، اکثر مناطق پایداری زیادی رو دارند. دهستان‌های کوهدشت شمالی و جنوبی، گل‌گل، کوهنانی و زیرتنگ، بالاترین پایداری را در بین دهستان‌های منطقه بدست آورده‌اند. اما دهستان‌های بلوران و طرهان غربی پایداری ضعیفی نسبت به بقیه‌ی دهستان‌ها دارا می‌باشند. به طور کلی مشاهده می‌شود در دهستان طرهان شرقی بدلیل کشت چغندر ۲ در برخی روستاها و نیز کشت غالب زراعت دیم در سایر روستاها، وضعیت پایداری کل این دهستان، بسیار ضعیف می‌باشد. همچنین دهستان‌های بلوران و طرهان غربی بدلیل وجود سیستم زراعت دیم، وضعیت پایداری اقتصادی مناسبی نداشته بنابراین بایستی براساس اولویت به این دهستان‌ها رسیدگی شود. از طرفی در دهستان کوهنانی، با وجود سیستم زراعت آبی، کشاورزان به فعالیت پرورش دام نیز پرداخته و پایداری کل در این دهستان نسبت به سایر دهستان‌ها در سطح بالاتری قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اندازه‌گیری پایداری سیستم‌های کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. زیرا ارزیابی پایداری سیستم‌های کشاورزی، یک گام مهم برای شناسایی نقاط قوت و ضعف سیستم‌های موجود می‌باشد. هر چند در مورد چگونگی مواجهه با این مشکل پیچیده، اجماعی وجود ندارد اما یک رویکرد عملی که توسط بسیاری از محققان استفاده شده است مشخص کردن سطح پایداری با استفاده از

مجموعه‌ای از شاخص‌هاست (۱۵). ارزیابی پایداری سیستم‌های کشاورزی دارای ابعاد مختلف بوده که در فرایند تصمیم‌گیری، اهداف رقیبی بایستی مدنظر قرار بگیرد. فرآیند ارزیابی به طور کلی شامل چهار گام اصلی می‌باشد: (۱) تعریف اهداف ارزیابی، (۲) تعریف و توصیف سیستم ارزیابی شده، (۳) انتخاب معیارها و شاخص‌های مورد استفاده و برآورد هر شاخص از محاسبات یا اندازه‌گیری‌ها و (۴) ارزیابی نهایی یا ترکیب اطلاعات بدست آمده از شاخص‌های مختلف و استفاده از مقادیر آستانه یا مرجع برای مشخص نمودن کارایی سیستم (۱۴).

در مطالعه‌ی حاضر، این اهداف با در نظر گرفتن زیر معیارهای اقتصادی (حداکثر کردن سود ناخالص، حداقل کردن هزینه مستقیم، حداکثرکردن سطح زیرکشت)، زیرمعیارهای زیست‌محیطی (حداقل نمودن میزان آب مصرفی به ازای هکتار، حداقل نمودن مصرف کود و سموم شیمیایی، حداقل نمودن فاکتور تأثیر محیطی، حداکثر نمودن درصد رعایت نمودن تناوب زراعی و حداکثر کردن کربن آلی خاک) و زیرمعیارهای اجتماعی (حداکثر نمودن اشتغال کشاورزی و حداکثر نمودن نسبت افراد با سواد به بی سواد)، جهت بررسی پایداری ۸ سیستم کشاورزی منطقه کوهدشت مدنظر قرار گرفته شد. برای این منظور، با استفاده از نظرات کارشناسی و به پیروی از مطالعات انجام شده راهبردهای مختلف جهت تعیین پایدارترین سیستم طی سه سناریو ارائه شد. در راهبرد اول، برای ارزیابی و تعیین پایدارترین سیستم، وزن بیشتری برای معیار زیست‌محیطی در نظر قرار گرفته شد. اما با توجه به اینکه ارزیابی پایداری در دنیای واقعی با سلیقه‌های مختلفی روبروست لذا در راهبرد دوم وزن بیشتر به معیارهای اقتصادی و در سناریوی سوم وزن برابر به همه معیارهای نامبرده ارائه شد. بر اساس یافته‌های تحقیق در راهبرد اول، کاراترین و متعادل‌ترین سیستم کشاورزی منطقه در بعد زیست‌محیطی به ترتیب، سیستم‌های زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای ۴ تن در هکتار) و زراعت دیم می‌باشند. در بعد اقتصادی و زمانی که وزن انحرافات کوچک باشد، بالاترین پایداری مربوط به سیستم تنوع فعالیتی و در زمانی که وزن انحرافات مقدار بالایی داشته باشد، سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) جایگاه اول را دارا می‌باشد. بنابراین سیستم تنوع فعالیتی کاراترین سیستم و زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) متعادل‌ترین سیستم کشاورزی از بعد اقتصادی می‌باشد. در بعد اجتماعی نیز براساس تمامی مقادیر π، رتبه اول به سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) تعلق دارد. بنابراین سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) کاراترین و متعادل‌ترین سیستم کشاورزی از نظر بعد اجتماعی در منطقه کوهدشت به شمار می‌آید. لازم به ذکر است که ناپایدارترین سیستم کشاورزی در ابعاد زیست‌محیطی و اقتصادی، سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر ۶۰ تن در هکتار) اما در بعد اجتماعی سیستم زراعت دیم است. در راهبرد دوم، سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای ۴ تن در هکتار) کاراترین و سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) متعادل‌ترین سیستم کشاورزی منطقه می‌باشد. راجع به میزان پایداری سیستم‌های کشاورزی، نتایج در این دیدگاه نسبت به دیدگاه قبل تنها در بعد زیست‌محیطی متفاوت بوده، که براساس ۱۰۰= π رتبه نخست پایداری زیست‌محیطی، مربوط به سیستم تلفیق دیم با سایر فعالیت‌های غیر زراعی می‌باشد. بنابراین کاراترین و متعادل‌ترین سیستم کشاورزی منطقه در بعد زیست‌محیطی، به ترتیب سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای ۴ تن در هکتار) و سیستم تلفیق دیم با سایر فعالیت‌های غیر زراعی می‌باشند. در مورد بعد اقتصادی و اجتماعی نیز در همه‌ی مقادیر وزن انحرافات، همانند دیدگاه اول می‌باشد.

در راهبرد سوم نتایج مقداری متفاوت بوده است. براساس نتایج سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد بالای ۶۰ تن در هکتار) کاراترین و متعادل‌ترین سیستم کشاورزی منطقه می‌باشد. کم‌ترین پایداری کل نیز در ۱= π، مربوط به سیستم زراعت دیم و در مقادیر بالای انحرافات، به سیستم زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر ۶۰ تن در هکتار) تعلق دارد. تفاوت نتایج پایداری در ابعاد مختلف نسبت به دیدگاه قبل، در بعد اقتصادی و براساس ۱= π، سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد زیر ۴ تن در هکتار) کم‌ترین پایداری داشته است.

در انتها، پایداری دهستان‌های مورد مطالعه در شهرستان کوهدشت بررسی شد. با بررسی نقشه‌ی پایداری، مشاهده می‌شود که براساس مقادیر پایین حساسیت نسبت به انحرافات (π=۱)، دهستان کوهنانی پایدارترین و طرهان شرقی ناپایدارترین دهستان‌منطقه‌ی کوهدشت می‌باشند. اما براساس ۲=π.، دهستان‌های درب گنبد، گل-گل، کوهنانی و زیرتنگ پایدارترین و روستاهای بلوران و طرهان غربی ناپایدارترین دهستان‌های منطقه‌ی کوهدشت می‌باشند. در نهایت براساس ۱۰۰=π، دهستان‌های کوهنانی، کوهدشت شمالی و جنوبی، درب گنبد، گل‌گل و زیرتنگ پایدارترین و دهستان‌های بلوران و طرهان غربی، کمترین پایداری را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به نتایج بدست آمده توصیه‌های زیر برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌گردد:

۱- با توجه به نتایج بدست آمده، کاراترین سیستم براساس مقادیر پایین وزن انحرافات و گروه وزنی اول، سیستم زراعت آبی (گندم با عملکرد بالای ۴ تن در هکتار) می‌باشد. ناپایدارترین سیستم نیز زراعت آبی (چغندر با عملکرد زیر ۶۰ تن در هکتار) می‌باشد. بنابراین برای افزایش پایداری این سیستم، بایستی جنبه‌های محیطزیستی مانند، مقدار بالای مصرف نهاده‌های آب، کود شیمیایی و درصد پایین کربن آلی خاک و سواد زارعین، مورد توجه قرار گیرد.

۲- بررسی‌ها نشان داد که براساس مقادیر پایین حساسیت نسبت

به انحرافات (براساس ۱= π)، دهستان کوهنانی پایدارترین و طرهان شرقی ناپایدارترین دهستان منطقه‌ی کوهدشت می‌باشند. بنابراین براساس اولویت بایستی به این دهستان رسیدگی شود. به نظر می‌رسد که شاخص سود ناخالص در این دهستان بسیار پایین بوده بنابراین بایستی از طریق تقویت جنبه‌های اقتصادی، پایداری این دهستان‌ها افزایش داده شود.

۳- با توجه به اینکه سیستم کشاورزی دیم در بعد اقتصادی عملکرد پایینی دارد بنابراین جهت افزایش پایداری این سیستم بهتر است کشاورزان از آبیاری تکمیلی استفاده نمایند.

منابع

1- Afrokhteh H., Hagipur M., Gersin M., and Nejati B. 2013. The role of Sustainable Agriculture Development in Iran's Development Plans (Case Study: Five Years after the Revolution). Quarterly Journal of Strategic and Macroeconomic Policies 1: 43-62. (In Persian with English abstract)

2- Aghaie R. 2011. Evaluation of Stability of Rice Cultivation Systems in Sari, Mazandaran Province (Master's Degree, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardebili University, Iran). (In Persian with English abstract)

3- Akrami Mohajeri M. 2016. Study on the Sustainability of Pistachio Production in Rafsanjan (Environmental, Economic, and Social Indices) (Master's Degree, Faculty of Agriculture, Sistan and Baluchestan University, Iran). (In Persian with English abstract)

4- Amini Faskhoodi A., and Nouri S. E. 2010. Sustainability evaluation and determination of cropping pattern based on optimization of water and soil resources utilization using nonlinear mathematical programming. Journal of Agricultural Science and Technology of Natural Resources 55: 99-109. (In Persian with English abstract)

5- Anabestani A., Shayan H., Shamsuddini R., Taghilo A.A., and Zarei A. 2013. Evaluating Economic Sustainability in Rural Areas Using Multivariate Decision-Making Technique for Linear Allocation (Case Study: Jafarabad Division, Qom Province). Journal of Geography and Environmental Studies 4: 118-140. (In Persian with English abstract)

6- Babolie M. 2007. Evaluation of agricultural sustainability in blue wheat fields of Sare-Pole Zahab city based on DSR pattern (Master's Degree, Faculty of Agriculture, Razi University, Iran). (In Persian with English abstract)

7- Balali H., and Montshlo M. 2015. Investigating the Status of Agricultural Sustainability Indicators by Reducing Fuel Subsidies (Case Study: Qorve Plain). Journal of Agricultural Economics and Development 2: 150-158. (In Persian with English abstract)

8- Ballestero E., and Romero C. 1991. A theorem connecting utility function optimization and compromise programming. Operations Research Letters 10(7): 421-427.

9- Ballestero E. 2007. Compromise programming: A utility-based linear-quadratic composite metric from the trade-off between achievement and balanced (non-corner) solutions. European journal of operational research 182(3): 1369-1382.

10- Blasi E., Passeri N., Franco S., and Galli A. 2016. An ecological footprint approach to environmental–economic evaluation of farm results. Agricultural Systems 145: 76–82.

11- Cabrini S. M., and Calcaterra C. P. 2016. Modeling economic-environmental decision making for agricultural land use in argentinean Pampas. Agricultural Systems 143: 183–194.

12- Cisneros J M., Grau J.B., Anton J.M., de Prada J.D., Cantero A., and Degioanni A.J. 2011. Assessing multi-criteria approaches with environmental, economic and social attributes, weights and procedures: A case study in the Pampas, Argentina. Agricultural Water Management 98(10): 1545–1556.

13- Davar Panah S. 2016. Evaluation and comparison of sustainable agriculture in selected cities of Ardebil province and determining the pattern of cultivation for sustainable agriculture (Master's Degree, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran). (In Persian with English abstract)

14- Deytieux V., Munier-Jolain N., and Caneill J. 2016. Assessing the sustainability of cropping systems in single-and multi-site studies. A review of methods. European Journal of Agronomy 72: 107-126.

15- Díaz-Balteiro L., and Romero C. 2004. In search of a natural systems sustainability index. Ecological Economics 49(3): 401-405.

16- Elfkih S., Feijoo M.L., and Romero C. 2009. Agricultural sustainable management: a normative approach based on goal programming. Journal of the Operational Research Society 60(4): 534-543.

17- Fallahi A. 2013. Dynamic Study of Economic, Social and Environmental Aspects of Quantitative and Qualitative Management of Quantitative and Qualitative Management of Agricultural Water Resources with Emphasis on Groundwater; Case Study: Seydan-Farooq Plain, Marvdasht Township (Ph.D., Faculty of Agriculture, University of Tarbiat Modarres, Iran). (In Persian with English abstract)

18- Fallahi A., and Gholinezhad S. 2016. Optimal model of cultivation based on multiple economic, regional and

agricultural sustainability criteria in Sari, application of AHP and linear programming. Journal of Agricultural Economics and Development 1: 37-49. (In Persian with English abstract)

19- Farhadi Bansouleh B. 2009. Development of a spatial planning support system for agricultural policy formulation related to land and water resources in Borkhar & Meymeh district, Iran (Doctoral Thesis, University of ITC/Wageningen, Enschede/Wageningen, and Netherlands).

20- Gebrieli G. 2014. Sustainability of Agricultural Systems in Kordestan Province (Master's Degree, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran). (In Persian with English abstract)

21- Gomini D., Sidayee S.A., Ghanbari J., and Bashagh M.R. 2013. Agricultural Sustainability Measurement in Rural Areas (Case Study: Rural Areas in the Central District of Ravansar County). Geography and Environmental Sustainability 6: 87-106. (In Persian with English abstract)

22- Gómez-Limón J.A., and Riesgo L. 2010. Sustainability assessment of olive grove in Andalusia: A methodological proposal. In Proc. 120th EAAE Seminar, Chania, Crete, Greece.

23- Hosseinzad J., Namvar A., Hayati B., and Pishbahar A. 2014. Cultivation pattern of crops with emphasis on sustainable agriculture in the lands below the dam of Alavian. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 2: 41-54. (In Persian with English abstract)

24- Islamic-Iranian Pattern Center for Advancement. 2016. Concepts and indicators of progress in the water, environment, food security and natural resources. Environmental think tank, food security and natural resources. (In Persian with English abstract)

25- Javani Kh. 2010. Analysis of socio-economic sustainability of saffron production and its impact on rural development (Master's Degree, Faculty of Humanities, Zanjan University, Iran). (In Persian with English abstract)

26- Kamali M., and Hewage K. 2017. Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods. Journal of Cleaner Production 142: 3592-3606.

27- Lee D. R., Barrett C. B., and McPeak J. G. 2006. Policy, technology, and management strategies for achieving sustainable agricultural intensification. Agricultural Economics 34(2): 123-127.

28- Liu F., and Zhang H. 2013. Novel methods to assess environmental, economic, and social sustainability of main agricultural regions in China. Agronomy for Sustainable Development 33(3): 621-633.

29- Mehrara A., Modanlou Jouibari S. and Zare Zeidi A.S. 2018. Environmental Protection Review on Sustainable Development. Bimonthly Letter of Applied Studies in Management and Development 2: 105-115. (In Persian with English abstract)

30- Manafi-Molayousefi M., Hayati B., Pishbahar E., and Nematiyan J. 1395. Assessment of Agricultural Sustainability in East Azarbaijan Province by Compromise Programing, Journal of Agricultural Economics and Development 31(4): 279-289.

31- Mohsenzadeh A. 2013. Agricultural Sustainability Studies in Golestan Province with Emphasis on Economic Approach (Master's Degree, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources). (In Persian with English abstract)

32- Nasseri A. 2014. Comparison and Sustainability of Potato, Onion and Tomato Cultivation in Jiroft County (Master's Thesis, Faculty of Agriculture, Bahonar University of Kerman, Iran). (In Persian with English abstract)

33- Niemmanee T., Kaveeta R., and Potchanasin C. 2015. Assessing the economic, social, and environmental condition for the sustainable agricultural system planning in Ban Phaeo District, Samut Sakhonn Province, Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences 197: 2554–2560.

34- Omani A., and Chizari M. 2006. Sustainability Analysis of Wheat Farming System, a Study in Khuzestan Province. Journal of Agricultural Sciences of Iran 2: 257-266. (In Persian with English abstract)

35- Porzand F., and Bakhshoodeh M. 2011. Assessment of agricultural sustainability in Fars province using an agreed planning approach. Agricultural Economics Research 1: 1-26. (In Persian with English abstract)

36- Rezaei Moghadam K. 1997. Agricultural, Poverty and Sustainable Agriculture Promotion in Behbahan (Master's Degree in Agricultural Promotion and Education, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran). (In Persian with English abstract)

37- Shooshtarian A. 2010. Analysis of agricultural and environmental economic policies in the Mashhad watershed basin: An Approach to Agricultural Sustainability (Ph.D., Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran). (In Persian with English abstract)

38- Talebpour Sh. 2012. Targeted Effects of Energy Subsidies on Crop Pattern, Farmer's Income, Energy Efficiency and Sustainability Indices at Farm Level (Master's Degree, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran). (In Persian with English abstract)

39- Torkamani J., and Abdollahi Ezat-Abadi M. 2005. Application of Compromise Planning in the Management of Risk Resources: Case Study of Groundwater Resources in Rafsanjan City. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 3: 43-54. (In Persian with English abstract)

40- Wang L., Wang C., Li, B., and Wang W. 2011. Sustainable Land Use Evaluation in Wanzhou District. Journal of Sustainable Development 4(3): 125.

41- WWW.amar.org.ir

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 34, No. 3, Fall 2020, p. 239-257

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص. ۲۵۷-۲۳۹

Evaluating the Sustainability of Agricultural Systems by Compromise Programing: Lorestan Koohdasht Area

S.M. Nazarian[1]- M. Zibaei[2]- A. Sheikhzeinoddin[3*]
Received: 12-10-2019
Accepted: 29-03-2020

Introduction: Agricultural sector plays a vital role in Iran’s economy but this sector has pursued an unsustainable route mostly because of land and water resources degradation resulting from inefficient use of irrigation water and intensive use of inorganic inputs. However, increasing production is not the only relevant goal in farming systems. It is important to consider the effects of agriculture on soil productivity, pollution, water and energy use efficiency, Greenhouse gas emissions and social aspects. In fact, there is a strong interest for redefining production systems looking for a balance between high productivity and the protection of the environmental services provided by these farming systems. In this regard, current study evaluated environmental, economic and social impacts of agricultural systems in Kouhdasht area as one of the important regions of Lorestan province using multi-criteria compromise programming (CP) and a set of different weights. Gross margin, direct expenses and crops acreage were the indicators considered for economic sustainability analysis. The environmental indicators were water use, EIQ (environmental impact quotient), use of fertilizer, insecticides and pesticides, soil organic carbon and crop rotation. The social indicators considered for analysis were employment and education level. The basic idea in compromise programming as a well-known multi-criteria decision-making method, is to identify an ideal solution that can be obtain from the available options. This ideal solution is a point reference for decision maker and options or alternatives are ranked based on how far they are from it. The findings of this study include the identification of a set of agricultural systems based on different views or weights. These optimal agricultural systems are compared to the current agricultural systems.

Materials and Methods: In current study a compromise programming optimization model was solved to find efficient agricultural systems, according to economic, environmental and social criteria, for crop/livestock farms. An agricultural system can be shown as a linear combination of activities. Each activity is characterized by the resources and inputs employed, the type and quantity of the output produced and the environmental impacts. Generally, eight agricultural systems corresponding to different crops and livestock production were considered for analysis. The evaluation of sustainability of agriculture requires determination of attributes or indicators covering economic, environmental and social dimensions. In fact, the concept of attribute or indicator is fundamental in multi-criteria models. In this study, three economic, six environmental and two social indicators are included as attributes. Selection of indicators was based on relevance of the indicators, the frequency of using the indicator in previous studies and availability of data. The solution of CP entailed of finding the lowest distance to the ideal for all the criteria. Decision-maker preferences were simulated using nine scenarios, which combine three distance functions ($\pi = 1$, $\pi = 2$ and $\pi = 100$), and three different weights based on the importance of different dimensions.

Results and Discussion: The results showed that, based on the first weight group (environmental view) and at the low and high weight for deviations ($\pi = 1$ and $\pi = 100$), wheat1 and sugar beet1 systems are the most sustainable system respectively. But sugar beet2 system is the most unstable agricultural system at all levels of π and in all areas. Overuse of groundwater for irrigation, fertilizer and pesticide in some areas further reinforced agricultural unsustainability. In the second weight group (economics view) and for $\pi = 2$, activity diversification (crop -livestock) system was more balanced than continuous crop farming. In the third weight group (equal weight to all dimensions) and for $\pi = 2$, sugar beet1 and the rain fed cultivated systems were the most sustainable. In other values of π, the sugar beet2 had the least sustainable index. The findings of this study indicate instability in Azadbakht Korapa and Cham Sangar villages in all weight groups, while Katkan village is most sustainability for $\pi = 2$. Results also showed that for $\pi = 1$, Kohnani and Eastern Tarhan rural district are most sustainable and most unsustainable rural district respectively. The lack of sustainable agricultural production in Eastern Tarhan in $\pi = 1$, was due to limited economics performance in rural district. However, in high levels of sensitivity to deviations from the ideal level, the rural district of Boluran and the Western Tarhan,

1, 2 and 3- Master of Science, Professor and Assistant Professor of Agricultural Economics, Shiraz University, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azeinoddin@shirazu.ac.ir)

are most unsustainable rural district, and North and South Kouhdasht, Golgol, Darb Gombad and Ziretang are the most sustainable rural district in the region. Finally, by putting different dimensions of sustainability, this study extracted ten independent and distinct patterns of sustainability using data mining. Farms in patterns 5 and 8 were experienced relative sustainable, and farms in the pattern 6, were unsustainable in all dimensions.

Conclusion: It was inferred from the results of this study that there are regional differences in agricultural sustainability in Kouhdasht. As a result, it is suggested that effective agricultural policies be adopted in accordance with local research.

Keywords: Agricultural systems, Compromise programing, Kouhdasht area, Sustainability assessment